الفصل السادس

أجهزة المسح الإشعاعي وقياس الجرعات
Radiation survey meters and dosimeters

– مقدمة – أهم خصائص جهاز المسح الإشعاعي – أجهزة المسح الإشعاعي – أجهزة قياس الجرعة الشخصية – أسئلة ومسائل

6–1 مقدمة

تعتبر عملية المسح الإشعاعي ورصد التلوث وقياس معدل الجرعات الإشعاعية، في المختبرات أو الأماكن التي تحتوي على مصادر مشعة أو أجهزة مصدرة للإشعاعات المصادر محكمة الإغلاق أو المواد المشعة المفتوحة أو أجهزة الأشعة السينية أو المعجلات النووية أو المفاعلات، أحد أهم أعمال الوقاية الإشعاعية. ويستخدم لهذا الغرض أجهزة خاصة تعرف باسم أجهزة المسح الإشعاعي (radiation survey meters) لقياس الجرعات الإشعاعية الممتصة أو معدل هذه الجرعات في تلك الأماكن. كما تستخدم أجهزة أخرى خاصة برصد تلوث الأسطح أو الهواء في الموقع يطلق عليها أجهزة رصد التلوث. وتعتمد جميع هذه الأجهزة في عملها على استخدام أحد أنواع الكواشف الغازية أو الوميضية أو غيرها التي ورد وصفها في الفصل الرابع، وذلك بغرض الكشف عن النوع المعين من الإشعاعات، وتحديد سيولته (أي تدفقه) ومعدل الجرعة الناتجة عنه، وبالتالي تحديد الفترة الزمنية التي يمكن أن يمكث الإنسان في المكان المعين خلالها.

وعموما، فإنه لا يمكن استخدام جهاز واحد للكشف عن الإشعاعات المختلفة، وإجراء المسح الإشعاعي وقياس معدل الجرعات الناتجة عنها ورصد التلوث، وذلك لاختلاف طبيعة الكاشف باختلاف نوع الإشعاعات وكمياتها وطاقاتها، وكذلك باختلاف الغرض المخصص له هذا الجهاز. ولذلك، تستخدم عدة أنواع مختلفة من أجهزة المسح

الإشعاعي وتعيين الجرعات أو معدلاتها أو لرصد التلوث، تبعا لنوع الإشعاعات وكمياتها وطاقاتها في المكان المعين . كذلك، توجد عدة أنواع من وسائل قياس الجرعات الشخصية(personal dosimeters) مثل شارة الفيلم الحساس (film badge) والمقياس الحراري الوماض (TLD) وأقلام قياس الجرعات الشخصية والمقاييس الإلكترونية للجرعة الشخصية. ويحمل الشخص الذي يتعامل مع الإشعاعات أو المواد والمصادر المشعة هذه الوسائل بغرض تحديد الجرعة الإشعاعية التي يتعرض لها شخصيا. ويعني هذا الفصل بالتعرف على بعض أنواع أجهزة المسح الإشعاعي وقياس الجرعات الشخصية ورصد التلوث الإشعاعي.

6-2 أهم خصائص جهاز المسح الإشعاعي

Characteristics of Survey Meter

يجب أن تتوفر في جهاز المسح الإشعاعي بعض المتطلبات والشروط من أهمها ما يلي:

أ- بساطة التركيب:

تؤدي بساطة تركيب الجهاز إلى سهولة الاستخدام وإمكانية إجراء الصيانة وتبديل الأجزاء والعناصر المختلفة وخاصة العناصر الإلكترونية عند تلفها.

ب- المتانة:

يجب أن يتحمل الجهاز العمل في مختلف الظروف حيث أنه عادة ما يُستخدم الجهاز الواحد بواسطة عدد كبير من الأشخاص الذين يختلف أسلوب تداولهم للأجهزة.

ج- خفة الوزن وإمكانية حمله ونقله بسهولة:

وذلك نظرا لأن الجهاز يستخدم لإجراء المسح الإشعاعي في أماكن مختلفة. كذلك، يجب أن يزود الجهاز بمنبع تغذية خفيف كالبطاريات الجافة.

د- دقة البيانات والموثوقية:

حيث إن البيانات غير الدقيقة يمكن أن تعرض حياة العاملين للخطر. ولهذا الغرض يجب معايرة الجهاز بصفة منتظمة ودورية، بل وقبل كل استخدام إن أمكن، وذلك بواسطة المصدر المعياري الخاص بالجهاز، حيث يوضع هذا المصدر المعياري أمام الكاشف مباشرة في المكان المخصص لذلك، وتؤخذ قراءة الجهاز لهذا المصدر المعياري، بحيث تكون مطابقة للقراء السابقة باستخدام هذا نفس المصدر المعياري.

هـ الحساسية

يجب أن يتميز الجهاز بدرجة عالية من الحساسية للنوع المعين من الإشعاعات، وذلك لإمكانية الكشف عن الكميات الصغيرة منها.

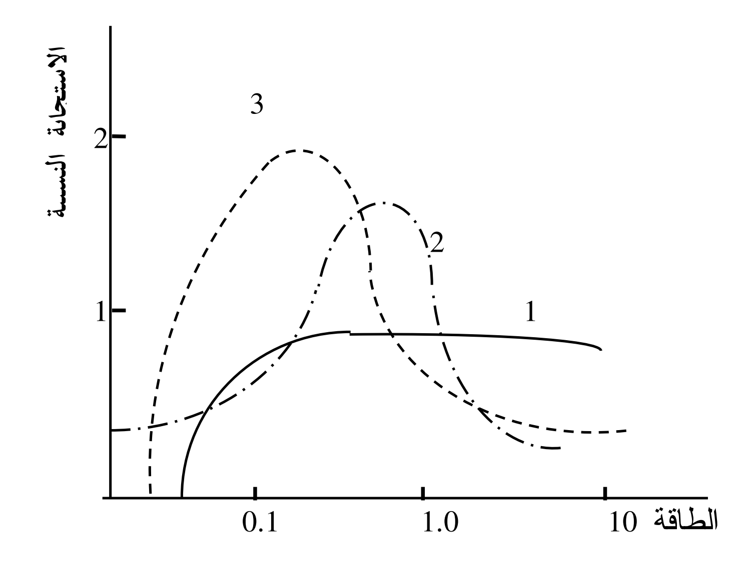
3-6 أجهزة المسح الإشعاعي The survey meters

يتكون جهاز المسح الإشعاعي، عموما، من كاشف ودارة إلكترونية لتكبير التيار أو الجهد وجهاز لقياس شدة التيار الكهربائي الناتج عن الإشعاعات أو عدد النبضات الجهدية في وحدة الزمن. وتزود بعض هذه الأجهزة (التي تعمل بالنظام النبضي) بجهاز صوتي يصدر صوتا كلما تم تسجيل نبضة فيه، وبالتالي يمكن التنبه إلى زيادة المستوى الإشعاعي صوتيا، ودون الحاجة إلى النظر إلى قراءة الجهاز بين وقت وآخر. وتستخدم كواشف مختلفة لأغراض المسح الإشعاعي، وهي غرف التأين أو العدادات التناسبية أو عدادات غايغير- ميولر أو الكواشف الوميضية. ويعتمد حجم الكاشف المستخدم ومواصفاته على نوع الإشعاعات المطلوب الكشف عنها وإجراء المسح لها وعلى كثافة المجال الإشعاعي الذي يخضع للقياس.

فبالنسبة للإشعاعات السينية وإشعاعات جاما يفضل استخدام جهاز بكاشف عبارة عن غرفة التأين، علما بأن بعض الكواشف الأخرى صالحة للاستعمال مع هذه الإشعاعات. وأما بالنسبة للكشف عن

جسيمات بيتا وألفا فإنه من المفضل استخدام عــداد تناســبي أو عــداد غايغر. في حين يمكن استخدام أي من غرفة التأين المزودة بطبقة رقيقة من البور أو العداد التناسبي المزود بغاز ثالــث فلوريــد البــور (BF_3) للكشف عن النيوترونات الحرارية. كذلك، تستخدم العــدادات التناســبية المزودة بمادة غنية بالهيدروجين مثل البولي إيثيلين، وذلك للكشف عــن النيوترونات السريعة، حيث ينطلق البروتون من هذه المادة عند اصطدام النيوترون الساقط به، فيقوم البروتون بإجراء التأيين داخل الغاز.

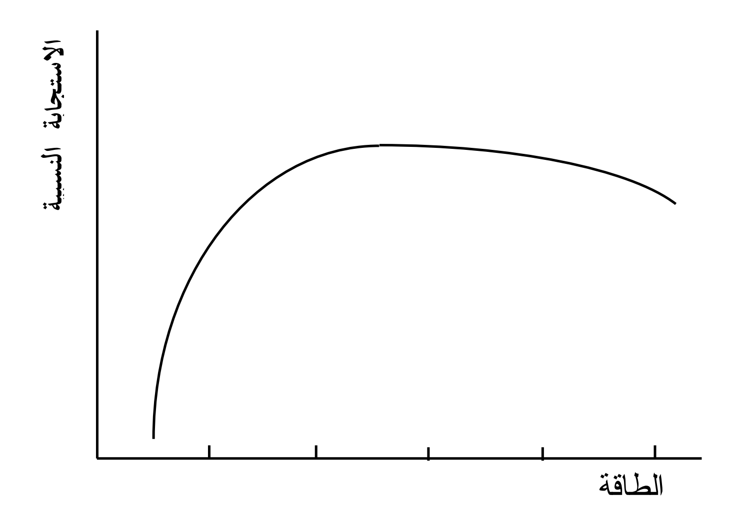
وحيث أن التأيين الناتج في معظم الكواشف يعتمد اعتمادا كبيــرا على طاقة الجسيمات النووية فإنه يجب أن تتميز الأجهزة المخصصــة لقياس معدل الجرعة من الإشعاعات المختلفة باستجابة صحيحة للطاقة. ويعرف مدى الاستجابة النسبي للطاقة على أنه عبارة عن نســبة شــدة التيار الناتج في الجهاز عند الطاقات المختلفة إلى شدة التيار عند طاقــة محددة (أو نسبة عدد النبضات في وحدة الزمن عند الطاقات المختلفــة إلى عددها عند الطاقة المعينة)، مع بقاء عدد الجسيمــات الســاقطة أو



شكل (6-1)
منحنيات الاستجابة لكل من غرفة التأين (1) وعداد غايغر ميولر (2)

والكاشف الوميضي (3)، بالنسبة للإشعاعات السينية وإشعاعات جاما

الإشعاعات ثابتاعند جميع الطاقات. ويبين شكل (6−1) منحنيات الاستجابة للطاقة لكل من غرفة التأين (المنحنى 1) وعداد غايغر ميولر (المنحنى 2) والكاشف الوميضي، والكاشف الوميضي (المنحنى 3) وذلك بالنسبة للأشعة السينية وإشعاعات جاما. ويتضح من هذا الشكل أن غرفة التأين تتميز باستجابة ثابتة للطاقة في مدى واسع من الطاقات (من حوالي 0.3 حتى حوالي 10 ميغا إلكترون فولت). أما بالنسبة لكل من عدادات غايغر والكواشف الوميضية فهي تتميز باستجابة عالية عند الطاقات المتوسطة (من حوالي 300 حتى حوالي 1000 ك.إ.ف) في حين يقل مدى الاستجابة بسرعة عند الطاقات العالية أو المنخفضة، وبذلك يمكن أن تعطي هذه العدادات قراءات خاطئة عند هذه الطاقات، يلزم تصحيحها.



شكل (6−2)
منحنى الاستجابة لعداد غايغر ميولر عند استخدام مرشح من الرصاص

وتجدر الإشارة إلى أنه يمكن الحصول على استجابة نسبية شبه ثابتة بالنسبة لعدادات غايغر وذلك عند استخدام مرشحات من مواد مختلفة كالرصاص وغيره، أمام طرف العداد. فعند عمل مرشح من الرصاص (سمكه 0.3 سم) والصفيح (سمكه 1.5 سم) يتخذ منحنى الاستجابة كدالة من الطاقة الشكل المبين بالمنحنى (6−2).

ولمعايرة أجهزة المسح الإشـعاعي الخاصـة بالكشـف عـن إشعاعات جاما يستخدم مصدر مشع من نظير السيزيوم 137 الذي تبلغ طاقته662 ك.إ.ف أو من نظير الراديوم 226 ، الـذي تعتبـر طاقتـه الفعالة في حدود 0.8 ميغا إلكترون فولت. فعند استخدام الجهاز لقيـاس معدل الجرعة الإشعاعية لإشعاعات ذات طاقات مختلفة فإنه يمكـن أن تكون قراءة الجهاز من هذه الإشعاعات الجدية أقل أو أكثر مـن معـدل الجرعة الحقيقي لها. لذلك، فقد تم حديثا إدخال بعض التعديلات على كل من عدادات غايغر والكواشف الوميضية بحيث تعطي استجابة أفضل في مدى أوسع من الطاقة (من 0.1 وحتى 2 ميغا إلكترون فولت).

6−3−1 أجهزة المسح الإشعاعي ذات غرفة التأين

Ionization chamber survey meters

يمكن تصميم أنواع مختلفة من غرف التأين لاستخدامها للكشـف عن جميع أنواع الإشعاعات ولكنه يفضل استخدام غـرف التـأين فـي أجهزة المسح الإشعاعي للكشف عن إشعاعات جاما. ولما كانت حساسية غرف التأين صغيرة للغاية بالمقارنة بالعدادات التناسـبية أو عـدادات غايغر فإنها تفضل عند إجراء المسح الإشعاعي لمسـتويات إشـعاعية عالية، بحيث لا يقل معدل الجرعة عن عدة عشرات ميكروسيفرت/ساعة حيث تعطي غرف التأين نتائج عالية الدقة عند هذه المعدلات. ويرجـع السبب في تفضيل غرفة التأين إلى ثبات استجابتها للطاقة فـي حـدود واسعة، مما جعلها من أنسب الكواشف لأغراض المسح وأعمال الوقايـة الإشعاعية. وتعمل الغرفة لهذه الأغراض، عموما، بنظام قياس متوسـط

شدة التيار الناتج وليس بالنظام النبضي. ولعل من المفيد استعراض بعض أنواع أجهزة المسح الإشعاعي التي تستخدم غرف التأين ككاشف.

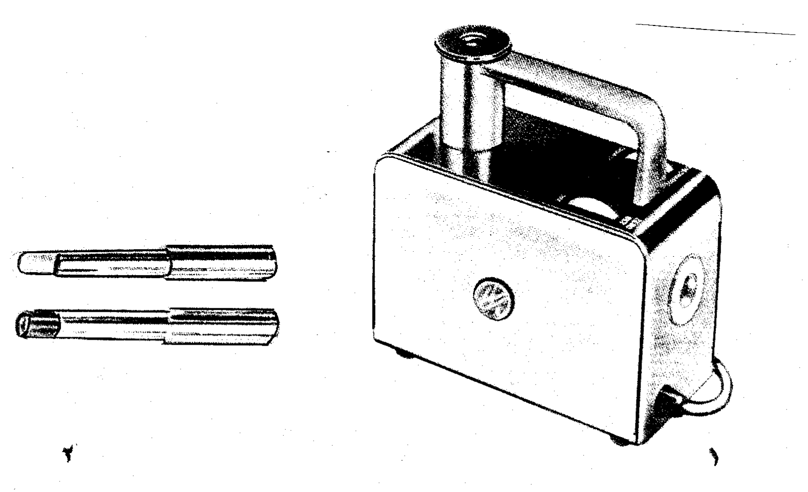
أ- مقياس التعرض (بالرينتجن) على شكل مكثف

The condenser R- meter

يعتبر هذا الجهاز من أدق الأجهزة المستخدمة لقياس التعرض (exposure) التراكمي (بالرينتجن) لإشعاعات جاما والأشعة السينية. ويتميز باستجابة ثابتة للطاقة ودقة عالية مما جعله من بين الأجهزة المستخدمة للمعايرة. ويتكون هذا الجهاز (شكل 6-3) من جزأين رئيسيين هما:

1- جهاز الشحن والقراءة (charger- reader device)

2- مجموعة من غرف التأين مجهزة بوسيلة التحام واتصال بجهاز الشحن والقراءة .



شكل (٦ - ٣)

مقياس التعرض (بالروينتجن) على شكل مكثف

١ - جهاز الشحن والقراءة

٢ - مجموعة من غرف التأين

ويحتوي جهاز الشحن والقراءة على تجويف خاص تدخل فيه غرفة التأين. ويتم شحن غرفة التأين إلى أن يصل مؤشر الجهاز لتدريج الصفر. ويظهر كل من المؤشر والتدريج خلال العدسة العينية للميكروسكوب المركب على تدريج الجهاز. ويعني وصول المؤشر إلى الصفر أن الغرفة أصبحت مشحونة تماما. بعد ذلك، يتم تعريض الغرفة للإشعاعات السينية أو إشعاعات جاما، ويعاد إدخالها من جديد إلى التجويف. ويتم أخذ القراءة التي يقف عليها المؤشر بعد الإدخال. وتقيس هذه القراءة قيمة الجهد الناتج عن دخول الإشعاعات وتأيينها للغاز داخل الغرفة أي أنها تقيس قيمة التعرض بالرينتجن (أو أجزائه) مباشرة.

وغرفة التأين في هذا الجهاز هي عبارة عن مقياس كهربائي (electrometer) بسيط يحصل فيها كل من القطب المركزي والجدران على شحنات كهربية مختلفة (أي إلكترونات أو أيونات). وتصنع

جدران الغرفة عادة من مادة مكافئة تماما للهواء الجوي (العدد الذري المتوسط للهواء الجوي هو Z = 7.64)، وهي البكلايت أو النايلون. وتشكل الغرفة على شكل كستبان ولذلك تعرف باسم غرفة الكستبان (thimble chamber). وحيث إنه يجب أن يحدث التأين في الهواء الموجود داخل الغرفة فإنه يجب استخدام غرف بأحجام مختلفة وبسمك مختلف للجدران، وذلك للفوتونات ذات الطاقات المختلفة. ويوجد في الوقت الحالي ثلاثة أنواع من الغرف يختص كل نوع منها بمدى معين لطاقة الإشعاعات وهي:

1- غرفة الإشعاعات ذات الطاقة المنخفضة من 6 حتى 35 ك.إ.ف.
2- غرفة للإشعاعات ذات الطاقة المتوسطة من 35 حتى 400 ك.إ.ف.
3- غرفة للإشعاعات ذات الطاقة العالية من 400 حتى 1400 ك.إ.ف.

ويوجد من كل نوع من هذه الأنواع الثلاثة غرف ذات حساسيات مختلفة حسب شدة المصدر أو المستوى الإشعاعي الموجود في المكان المعين.

وتتراوح دقة قياس التعرض بهذا الجهاز ما بين 2 إلى 10 % عند الاستخدام السليم وتعتبر هذه الدقة دقة عالية نسبيا.

ب- جهاز قياس معدل التعرض(رينتجن/ساعة)

Cutie pie survey meter (R/h)

يستخدم هذا الجهاز لقياس معدل التعرض الناتج عن إشعاعات جاما أو الأشعة السينية. وقد تم تطوير أنواع منه لقياس معدل التعرض الناتج عن جسيمات بيتا. ويعرف الجهاز عند بعض العاملين في مجال الوقاية الإشعاعية باسم "Cutie pie" . وعلى الرغم من أن هذا الاسم يعبر عن الماركة التجارية للأجهزة التي تنتجها إحدى الشركات المتخصصة

في إنتاج هذا النوع من الأجهزة. إلا أنه شاع استخدامه بالنسبة لأجهـــزة قياس معدل التعرض التي تستخدم غرفة التأين ككاشـــف للإشـــعاعات. وتملأ غرفة التأين في هذا الجهاز بالهواء الجوي. ويتميز هذا الجهـــاز باستجابة ثابتة على مدى كبير للطاقة. ومـــن أهـــم عيوبـــه أنـــه قليـــل الحساسية. لذلك، فإنه يستخدم للمسح الإشعاعي وتحديد معدل التعـــرض في حالة وجود مستويات إشعاعية عالية. ويبين شـــكل (6–4) صـــورة فوتوغرافية للجهاز.

6–3–2 أجهزة مسح إشعاعي بعداد تناسبي أو عداد غايغر

Proportional or G-M type survey meters

يعتبر هذا النوع من الأجهزة من أهم أجهـــزة المســـح بالنســـبة لجسيمات بيتا أو إشعاعات جاما ذات المستويات الإشعاعية المنخفضـــة. ويرجع السبب في ذلك إلى إمكانية عمل كواشف من هذا النوع بأحجـــام وأشكال مختلفة وإلى الحساسية الفائقة لعدادات غايغر بالمقارنة بغـــرف التأين. لذلك، تستخدم هذه الأجهزة للكشف عن التلوث بالمواد المشعة أو للبحث عن المصادر المشعة المفقودة مهما قلت شدتها الإشعاعية فضـــلا عن استخدامها الرئيسي لقياس معدل التعرض للمســـتويات الإشـــعاعية الضعيفة. وتعمل جميع أنواع الأجهزة التي تستخدم العداد التناســـبي أو عداد غايغر ككاشف بالنظام النبضي. كذلك، تزود معظم الأجهزة بجهاز تنبيه سمعي يطلق صوتا قصيرا عند تسجيله لكـــل جســـيم أو فوتـــون. وبذلك، يمكن الحكم سمعيا على شدة المستوى الإشعاعي بالإضافة إلـــى مقياس معدل التعرض الموجود بالجهاز الذي يبين معدل العد (أي عـــدد النبضات في الدقيقة).



شكل (4-6)
جهاز قياس معدل التعرض

وعموما لا تستخدم مثل هذه الأجهزة في قياس معـدل التعـرض فـي المستويات الإشعاعية العالية بسبب طول الزمن الميت لعداد غايغر.

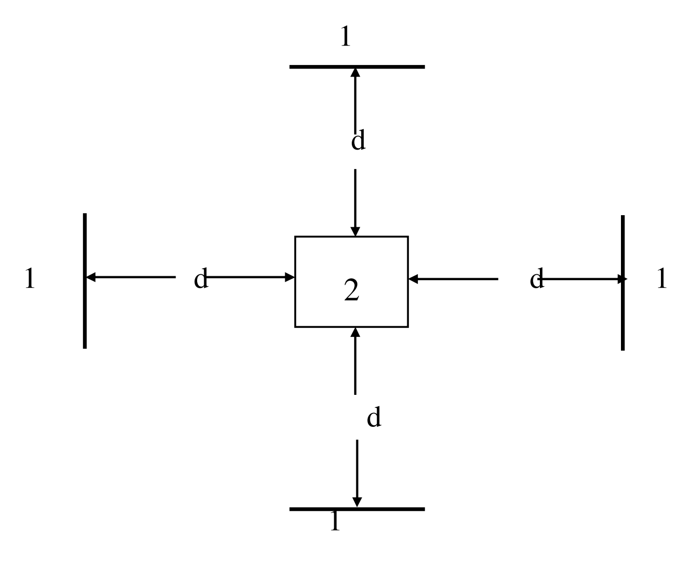
6-3-3 معايرة أجهزة المسح الإشعاعي

يتم معايرة جميع أجهزة المسح الإشعاعي من قبل المنتج عنـد إنتاجها. ولكن نظرا لتغير خصائص مكونات الجهاز وأجزائه المختلفـة فإنه يجب إعادة معايرة هذه الأجهزة بصفة دورية، وذلـك للتأكـد مـن صحة قراءتها. وتعتبر إعادة المعايرة أمرا أساسيا وفي غايـة الأهميـة وخصوصا بالنسبة للأجهزة التي تستخدم عدادات غايغر حيـث يجـب معايرتها بواقع مرة كل ثلاثة شهور وبعد إجراء أية صـيانة للجهـاز، وكذلك عند كل تغيير للبطاريات.

وتتم معايرة أجهزة المسح الإشعاعي، وذلك بوضع الكاشف فـي وضع هندسي معين بالنسبة للمصدر المشع. ويفضل أن يكون المصـدر المستخدم للمعايرة من النوع الذي يصدر نفس الإشـعاعات المطلـوب إجراء مسح إشعاعي لها. وغالبا ما يستخدم لهذا الغرض مصادر معلومة النشاط الإشعاعي من السيزيوم 137 والكوبلـت 60 والراديـوم 226. ويجب أن تتطابق ظروف المعايرة مـع الظـروف الفعليـة لاسـتخدام الجهاز، وأن تتم المعايرة لجميع التداريج الموجودة على الجهاز، وذلـك باستخدام مصادر متنوعة النشاط الإشعاعي. كما يجب أن تتم المعـايرة على عدة مسافات بين المصدر والكاشف، للتأكد من صـحة القياسـات (وذلك بمطابقة النتائج مع قانون التربيع العكسي للمسـافة) علمـا بـأن المسافات المفضلة تتراوح بين حوالي 1 –3 متر.

وفي بعض الأحيان يفضل إجراء المعايرة في مجـال إشـعاعي متجانس وذلك باستخدام أربعة مصادر لهـا نفـس الشـكل والنشـاط الإشعاعي، مع وضع هذه المصادر الأربعة في وضع كالمبين في شـكل (6–5) حيث يكون المجال بين المصادر الأربع شبه متجانس (أي شدة الإشعاعات تكاد تكون ثابتة). وعند إجراء المعايرة أو القياسـات فإنـه يجب أن تؤخذ الخلفية الإشعاعية في الحسبان. كذلك، فإنـه فـي حالـة

استخدام الكواشف النبضية يجب أن يوضع في الاعتبار الـزمن الميـت للكاشف، حيث إن هذا الزمن يؤدي إلى قراءة أقل من القراءة الحقيقيـة. لذلك، يجب تصحيح القراءات بالنسبة للأزمنة الميتة والخلفية الإشعاعية وتحديد نسب الخطأ في القراءة.



شكل (6-5)
المعايرة في مجال إشعاعي متجانس
1- 4 مصادر 2- كاشف

6-4 أجهزة رصد التلوث الإشعاعي

The contamination monitors

قد لا يحتاج العاملون بالمواد المشعة المفتوحة لأجهـزة مسـح إشعاعي لتقدير الجرعات الخارجية التي يتعرضون إليها نظرا لأن مقدار هذه الجرعات الخارجية من إشعاعات جاما أو النيوترونات مـن هـذه المصادر قد يكون صغيرا. إلا أن المخاطر الرئيسة قد تتمثل في تلـوث بيئة العمل مثل الأسطح والمعدات، أو وجود تسرب للمادة المشعة مـن المصدر محكم الإغلاق، أو تلوث الهواء في منطقة العمل بالمواد المشعة

خاصة الطيارة منها مثل اليود 131. ويمثل تلوث الأسطح أو الأيدي أو الملابس أو الهواء مخاطر جسيمة يمكن أن تزيد كثيرا علـــى مخـــاطر التعرض الخارجي، في حين لا يمكن الكشف عن هذا التلوث باســـتخدام أجهزة المسح الإشعاعي سابقة الذكر.

ويتكون جهاز رصد التلوث، شأنه شأن جهاز المسح الإشعاعي، من كاشف وجهاز إلكتروني لتكبير جهد النبضة وتسجيلها، حيث تعمـــل جميع أجهزة رصد التلوث بالنظام النبضي. إلا أن أجهزة رصد التلـــوث تتميز بحساسية فائقة بالمقارنـــة بـــأجهزة المســـح الإشـــعاعي عاليـــة الحساسية.ويعود السبب في ذلك إلى أن الكواشف المستخدمة في أجهـــزة رصد التلوث هي من النوع المخصص للكشف عن جسيمات ألفا أو بيتا (أي الجسيمات المشحونة فقط) دون غيرها. ولا تعتمد أجهـــزة رصـــد التلوث على قياس إشعاعات جاما أو النيوترونات حتى لو كان المصـــدر المعين يشع هذه الإشعاعات أو الجسيمات. فكفاءة الكاشف لتسجيل هـــذه الإشعاعات أو النيوترونات صغيرة للغاية (قد تقل عن 1 لكل 100000 فوتون أو نيوترون). فضلا عن ذلك فإن هذه الإشـــعاعات قـــد تكـــون صادرة من مصادر بعيدة للغاية وتصل للكاشف نظرا لقـــدرتها الفائقـــة على اجتياز المادة. أما بالنسبة للجسيمات ألفا وبيتا فتبلغ كفاءة الكاشف لتسجيل هذه الجسيمات 100 % طالما دخل الجسيم إلى داخل الكاشـــف. لذلك، تجهز كواشف رصد التلوث بنافذة كبيرة ورقيقة للغايـــة للســـماح بمرور هذه الجسيمات. وبمجرد دخول الجسيم المشحون داخل الكاشـــف فإنه يسجل، وبالتالي يمكن الكشف عن وجود التلوث.

وتجدر الإشارة إلى أن معظم الكواشف المستخدمة لرصد التلوث تستخدم عدادات غايغر– ميولر ذات النافذة الرقيقة. ويقاس التلوث عادة بعدد البضات المسجلة في وحدة الزمن، ولتكن الدقيقة. كذلك، تتفـــاوت حساسية الكاشف المخصص لرصد التلوث تفاوتا كبيرا. فالأجهزة التـــي تصلح لقياس تلوث باليود 131، على ســـبيل المثـــال، مقـــداره 1000 بكرل/سم^2 يصعب استخدامها لقيـــاس حـــد التلـــوث الـــذي يبلـــغ 0.4 بكرل/سم^2. وتتوقف حساسية جهاز (أو كاشف) رصـــد التلـــوث علـــى

مساحة سطح النافذة، فكلما زادت مساحة هذا السطح زادت كفاءة (حساسية) هذا الكاشف.

5-6 أجهزة قياس الجرعات الشخصية

Personal dosimeters

يستخدم المسح الإشعاعي عامة لتحديد المستوى الإشعاعي ومعدل التعرض في المكان أو المختبر المعين، وذلك لمنع وجود العاملين في هذه الأماكن، أو لتحديد الفترة القصوى لمكوثهم فيها، وبالتالي لتلافي التعرض للجرعات الخطرة. ولكن لا يستخدم المسح الإشعاعي كطريقة دقيقة لتحديد الجرعات الإشعاعية الشخصية التي يتعرض لها العاملون في هذه الأماكن خلال مدة زمنية معينة وذلك للأسباب التالية:

أ- اختلاف معدل الجرعة باختلاف الظروف داخل المختبر كتغير سيولة أو طاقة الإشعاعات.

ب- تنقل العاملين من مكان إلى آخر داخل المختبر واختلاف معدل التعرض باختلاف هذه الأماكن.

ولتحديد الجرعة الفعالة التي يتعرض لها العامل في فترة زمنية معينة مثل هذه الأماكن فإنه يجب أن يحمل (يرتدي) العامل وسيلة تعرف باسم مقياس الجرعة الشخصية (personal dosimeter). ويكثر استخدام ثلاثة أنواع من هذه الوسائل، وهي الفيلم الحساس، ومقياس الجرعة الجيبي، ومقياس الجرعة باوميض الحراري (TLD)

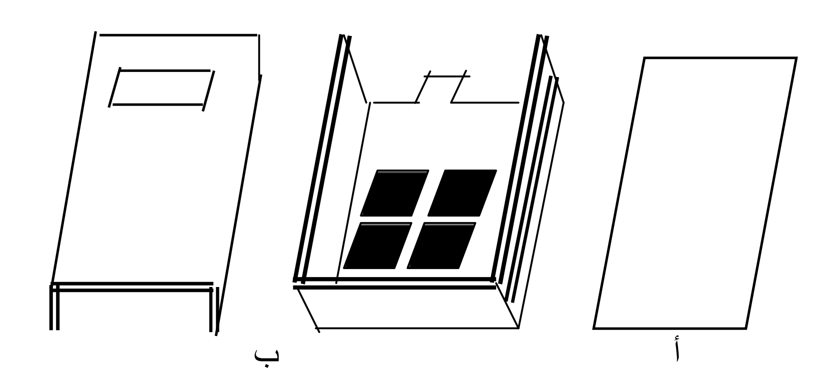
1-5-6 شارة الفيلم الحساس The film badge

حتى فترة قصيرة كانت شارة الفيلم الحساس من أكثر الوسائل انتشارا كمقياس للجرعة الشخصية. ويتكون هذا المقياس من فيلم حساس يوضع داخل حافظة خاصة من البلاستيك تعرف بشارة الفيلم الحساس (film badge). ويختلف نوع الفيلم المستخدم باختلاف الغرض المخصص له. وتستخدم الآن في العديد من دول العالم أفلام (radiation

(monitor) خاصة بالكشف عن الإشعاعات. وهذه الأفلام عبارة عن شريحة رقيقة من البلاستيك مغطاة من كلا الوجهين بالمستحلب الحساس، بحيث يكون المستحلب على أحد الأوجه من النوع السريع في حين يكون من النوع البطيء على الوجه الآخر. والغرض من ذلك هو إمكانية قياس الجرعات الفعالة في مدى واسع من الجرعات. فالمستحلب السريع (fast emulsion) يمكن من قياس الجرعات الفعالة إذا تراوحت هذه الجرعات بين 50 ميكروسيفرت، 50 ميللي سيفرت. أما إذا زادت جرعة الإشعاعات الفعالة عن 50 ميللي سيفرت فإن هذا يؤدي إلى نزع طبقة المستحلب السريع من الفيلم عند معالجته (تظهيره وتثبيته) في شكل قشرة وتبقى طبقة المستحلب البطيء (slow emulsion) الأقل حساسية. وبذلك، يمكن قياس الجرعات الفعالة التي تتراوح قيمتها بين 50 ميللي سيفرت وحوالي 10 سيفرت. ويستخدم أحيانا زوج من الأفلام الحساسة بدلا من استخدام فيلم واحد ذي وجهين مختلفي الحساسية. وعند تظهير الفيلم وتثبيته تصبح مناطق الفيلم التي مرت الإشعاعات خلالها معتمة. وتتناسب درجة العتامة مع كمية الإشعاعات من كل نوع. وتقاس درجة العتامة باستخدام جهاز خاص يعرف بمقياس العتامة (densitometer) . وبعد ذلك يمكن تحديد الجرعة الإشعاعية لكل نوع من الإشعاعات، وذلك بالرجوع إلى منحنى العلاقة بين الجرعة الإشعاعية ودرجة العتامة (راجع الفصل الرابع).

أما الحافظة (شكل 6-6) فهي عبارة عن علبة رقيقة من البلاستيك تحتوي على عدة فتحات ونوافذ، وذلك لتثبيت عدة قطع فلزية تعمل بمثابة المرشحات للكشف عن نوع الجسيمات (جسيمات بيتا، وإشعاعات جاما، والأشعة السينية والنيوترونات). ويكون الغرض من بعض هذه المرشحات أحيانا تمييز طاقة إشعاعات جاما والإلكترونات. ويتم الكشف عن جسيمات بيتا وتحديد كميتها وطاقتها في جزء الفيلم الواقع تحت الفتحة الموجودة في الحافظة وذلك حيث لا يحدث امتصاص لهذه الجسيمات وتصل إلى الفيلم الحساس فتترك فيه أثرها. أما إشعاعات جاما فتقاس في الجزء الموجود تحت النافذة المثبت عليها مرشح من الرصاص. حيث أن دور هذه القطعة هو إحداث أي من التأثير الكهروضوئي أو تأثير كومبتون أو إنتاج الأزواج في الرصاص، لتصل

هذه الإلكترونات إلى الفيلم الحساس وتترك أثرها عليه. وأما النيوترونات فيتم قياسها بمعرفة فرق العتامة بين الجزأين الموجودين تحت مرشح الرصاص السابق ومرشح آخر مكون من كل من الرصاص والكادميوم.



شكل (6-6)

أ- الفيلم الحساس

ب- الحافظة ذات النوافذ والغطاء

فالنيوترونات الحرارية تتفاعل مع مادة الكادميوم وينتج عن هذا التفاعل انطلاق إشعاعات جاما γ أي تفاعل (n , γ) ، وتؤدي إشعاعات جاما الصادرة عن هذا التفاعل إلى زيادة العتامة تحت المرشح المكون من الرصاص والكادميوم عن العتامة الناتجة تحت المرشح الرصاصي. كما يوجد في الحافظة مرشحان آخران مصنوعان من مادة البلاستيك نفسها، يبلغ سمك الأول 300 ميللي جرام/سم^2 وسمك الثاني 50 ميللي جرام/سم^2 . والغرض من هذين المرشحين تحديد الفرق في العتامة بين جزء الفيلم الموجود تحت الفتحة والجزء الموجود تحت المرشح 50 ميللي جرام/سم^2 بغرض معرفة طاقة جسيمات بيتا وإجراء تصحيحات الطاقة اللازمة. كذلك الأمر بالنسبة للمرشح البلاستيك الذي يبلغ سمكه 300 ميللي جرام/سم^2 فإنه يستخدم لتصحيح قيمة الجرعة من إشعاعات جاما كدالة من طاقتها.

وتحاط أطراف الحافظة وكذلك الفواصل بين المرشحات المختلفة بأسلاك أو فواصل من الرصاص، وذلك لإمكان تحديد وفصل المناطق المختلفة عن بعضها البعض. كذلك، يمكن أن توضع داخل الحافظة شريحة رقيقة من مادة الإنديوم. وتعمل هذه الشريحة كمقياس للتعرض في حالة الحوادث الإشعاعية. فإذا كانت الجرعة الفعالة من النيوترونات الحرارية أعلى من 10 ميللي سيفرت (أي أعلى من 1 رم) فإن هذه الجرعة كافية لتنشيط مادة الإنديوم وتحويلها إلى مادة مشعة تصدر جسيمات بيتا. ويمكن، بالتالي، قياس النشاط الإشعاعي (الشدة الإشعاعية) لشريحة الإنديوم باستخدام أحد الكواشف والعدادات وتحديد الجرعة الناتجة عن هذا التعرض.

6-5-2 مزايا وعيوب الأفلام الحساسة

تتميز الأفلام الحساسة كوسيلة لقياس الجرعة الشخصية الممتصة بعدة مزايا وعدة عيوب. **وأهم مزايا الأفلام الحساسة هي:**

أ- مرافقتها للشخص بصفة مستمرة حيث يثبتها الفرد على ملابسه وهي بذلك وسيلة دائمة لتسجيل الجرعات المتراكمة بالنسبة له.
ب- رخص ثمنها وعدم الحاجة إلى معرفة الشخص الذي يحملها بخصائصها الفنية.
ج- إمكان إعادة قراءتها في أي وقت عند حفظها حيث أن درجة العتامة لا تتغير بمرور الوقت وبذلك تعتبر وثيقة رسمية للتعرض.

ومن الجانب الآخر فإن للأفلام الحساسة بعض العيوب أهمها ما يلي:

أ- يستخدم الفيلم عادة لمدة طويلة (حوالي شهر أو أكثر)، ويتم إرساله بعد ذلك للإظهار والتثبيت والعد (أي قياس العتامة). لذلك، فإن تحديد قيمة الجرعة الممتصة لا يتم

إلا بعد مرور فترة طويلة (حوالي شهر) من بداية استخدام الفيلم، ويمكن أن يكون الشخص قد تعرض لجرعة أعلى من الحدود المسموح بها خلال هذه الفترة.

ب- قيمة الجرعة الممتصة لا تكون دقيقة وإنما تقريبية.

ج- ضرورة حفظ الأفلام بعيدا عن الحرارة والضوء وعدم حمل الشارة في الأماكن الدافئة كالسيارة مثلا حيث تتغير خصائص المستحلب الحساس.

د- عدم استخدام الفيلم الواحد لمدة طويلة (أكثر من شهر).

3-5-6 مقياس الجرعة بالوميض الحراري

The thermo-luminescent dosimeter (TLD)

يستخدم مقياس الجرعة بالوميض الحراري لتحديد الجرعات الإشعاعية التي تتراكم في الجسم وكذلك لتحديد معدل التعرض.

ويستخدم لهذا الغرض كاشف خاص هو عبارة عن مادة لافلزية متبلورة من فلوريد الليثيوم (LiF) أو فلوريد الكالسيوم (CaF). وعند سقوط الإشعاعات على مثل هذه المواد (المعروفة بالمواد الوماضة حراريا) تنتقل طاقة هذه الإشعاعات إلى إلكترونات البلورة، فتنتقل هذه الإلكترونات بالتالي إلى شريحة (band) أعلى للطاقة. ومن أهم خصائص المواد الوماضة الحرارية أن الإلكترونات التي تنتقل إلى شريحة أعلى تبقى في هذه الشريحة، طالما أن درجة حرارة المادة في حدود معينة. وعند تسخين المادة إلى درجة حرارة عالية (حوالي 200°م – 300°م) تعود الإلكترونات إلى شريحتها الأصلية مع انبعاث فرق الطاقة بين الشريحة الأعلى والشريحة الأدنى في شكل ومضة ضوئية مرئية. وتتناسب كمية الضوء الصادر من المادة عند تسخينها مع كمية الطاقة الممتصة من الإشعاعات الساقطة. لذلك، فإنه عند قياس كمية الضوء الصادر بأي من الوسائل المعروفة (أنبوب التضاعف الضوئي مثلا) يمكن تحديد الجرعة الإشعاعية الممتصة. وعند تبريد المادة بعد تسخينها تصبح صالحة لإثارة إلكتروناتها من جديد وتستخدم بالتالي مرة أخرى كمقياس للجرعة.

وتتميز مادة فلوريد الكالسيوم بحساسية شديدة للإشعاعات. إلا أن استجابتها لتغير طاقة الإشعاعات تعتبر ضعيفة. وأما مادة فلوريد الليثيوم فتتميز باستجابة عالية للطاقة رغم أن حساسيتها ضعيفة.

ومن أهم مزايا مقاييس الجرعة بالوميض الحراري ما يلي:

أ- إعادة استخدامها بعد التبريد.
ب- سهولة تحديد الجرعة الإشعاعية بصفة دورية، فالأمر لا يحتاج إلا لتوفر فرن حراري (تصل درجة الحرارة فيه حتى °250م) وجهاز لقياس كمية الضوء الصادرة.
ج- استجابتها للطاقة في مدى واسع لتغير طاقة الإشعاعات الساقطة بالمقارنة بالفيلم الحساس.
د- إمكانية استخدامها لعدة أسابيع متصلة دون قراءة حيث أنها لا تفقد الطاقة المختزنة فيها إلا بالتسخين.
هـ عدم الحاجة إلى معرفة النواحي الفنية الخاصة بها من قبل الشخص الذي يستخدمها.

إلا أن من أهو عيوب هذا النوع من مقاييس الجرعة ما يلي:

أ- زيادة التكلفة بالمقارنة بالأفلام الحساسة.
ب- عدم إمكانية حفظ مقدار الجرعة الممتصة وذلك لضياع المعلومات المختزنة فيها بمجرد التسخين وقياس كمية الضوء الناتج وتسجيله.

وفي السنوات الأخيرة انتشر استخدام مقاييس الجرعة بالوميض الحراري في العديد من المختبرات وحلت هذه الوسيلة محل الأفلام الحساسة أو كوسيلة إضافية لتحديد الجرعة الشخصية التي يتعرض لها العامل خلال فترات زمنية قصيرة (بصفة يومية أو أسبوعية أو شهرية أو أطول، تبعا للجرعة الفعالة المتراكمة). أما شارة الفيلم فكانت تستخدم، عادة، لتعيين الجرعات الإشعاعية المتراكمة لمدة طويلة (لمدة شهر تقريبا).

4-5-6 ألواح أثر النيوترونات السريعة

Fast neutron track plates

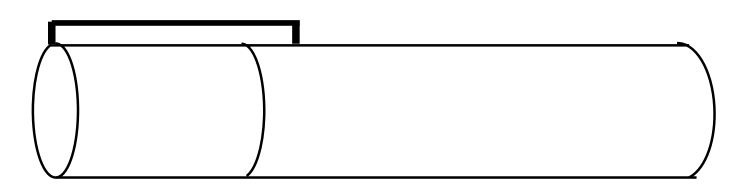
ألواح أثر النيوترونات السريعة عبارة عن فيلم حساس من نـــوع خاص موضوع داخل حافظة (أو ماسك)، وهي تشبه إلـــى حـــد كبيـــر مقياس الجرعة ذي الفيلم الحساس. ويستخدم هذا المقياس لتحديد الجرعة الشخصية للنيوترونات السريعة، حيث تتفاعل هذه النيوترونات مع المادة الحساسة للفيلم وينتج عن هذا التفاعل خروج بروتونات. وتقـــوم هـــذه البروتونات بتأيين مادة المستحلب الحساسة ويظهر أثر البروتون عنـــد إظهار وتثبيت الفيلم. ويتم قياس عدد هذه الآثار باستخدام ميكروســـكوب خاص. ويعتبر عدد الآثار في 1سم^2 بمثابة مقياس للجرعة الإشـــعاعية الناتجة عن النيوترونات السريعة.

ويمكن استخدام هذا المقياس لقيـــاس جرعـــات إشـــعاعية مـــن النيوترونات السريعة يتراوح مقدارها بين 1 ميللي سفرت، 1 ســـيفرت. ومن أهم عيوب هذا المقيـــاس صـــعوبة عمليـــة عـــد الآثـــار تحـــت الميكروسكوب والتكلفة الكبيرة – نسبيا – لهذه العملية. وفضلا عن ذلك، فإن هذا النوع من الأفلام يعتبر حساسا بالنسبة لإشعاعات جامـــا. فعنـــد امتصاصها لجرعة إشعاعية من إشعاعات جاما في حدود 100 ميللـــي سيفرت تصبح عملية عد الآثار النيوترونية مستحيلة نظرا لحدوث خلفية شديدة العتامة في الفيلم كله بسبب إشعاعات جاما.

5-5-6 مقياس الجرعة الجيبي **The pocket dosimeter**

مقياس الجرعة الجيبي هو عبارة عن وسيلة لقيـــاس التعـــرض الشخصي (بالرينتجن). ويشبه هذا المقياس (شكل 6-7) قلم الحبـــر من حيث الشكل والحجم. ويتركب من غرفة اسطوانية صغيرة تحتـــوي على قطبين أحدهما مثبت والآخر متحرك. ويصنع القطب المتحرك من خيط رفيع من مادة الكوارتز . وعند شحن القطبين بشحنة كهربية مـــن

نفس النوع يتنافر القطبان فيبتعد القطب المتحرك بعيدا بفعل قوة التنافر. وعند سقوط الإشعاعات داخل غرف التأين وخاصة إشعاعات جاما أو الإشعاعات السينية تؤدي هذه الإشعاعات إلى تأيين الغاز داخل الغرفة. ونتيجة للشحنة المتكونة من التأين تقل الشحنة على كل من القطبين فتقل قوة التنافر بينهما مما يؤدي إلى تحرك خيط الكوارتز الرفيع من إلى وضعه الطبيعي. بذلك، يشبه عمل هذا المقياس جهاز قياس الشحنة الكهربائية، ولذلك يطلق عليه اسم مقياس الكهرباء ذات الخيط الكوارتزي.



شكل (6-7)
مقياس الجرعة الجيبي

ولإمكان قراءة قيمة التعرض في أي وقت تصنع إحدى قواعد الأسطوانة من الزجاج الشفاف، وذلك للسماح لدخول الضوء منها وتصنع القاعدة الأخرى من مادة شفافة، يوجد عليها تدريج (يحدد مقدار التعرض بالرينتجن أو أجزائه)، ومركب عليها عدسة لتكبير هذا التدريج لإمكان تحديد القراءة بدقة. وتتم قراءة المقياس بتوجيهه نحو الضوء والنظر من خلال العدسة فيظهر ظل خيط الكوارتز فوق التدريج. وبذلك، يمكن تحديد التعرض مباشرة وفي أي وقت.

ويتم شحن المقياس باستخدام منبع جهد (يبلغ جهده 1.5 فولت)، إلى أن يصبح خيط الكوارتز أبعد ما يكون عن الخيط الثابت، وتكون هذه القراءة هي القراءة الصفرية. وعند تعرض الغرفة للإشعاعات يتحرك الخيط إلى وضعه الطبيعي مبينا مقدار التعرض.

وتوجد أنواع مختلفة من هذه الأفلام تتراوح حساسيتها بين 1 ميللي سيفرت وحوالي 100 سيفرت. وتجدر الإشارة إلى أن بقاء هذا المقياس مدة طويلة من الزمن (عدة أشهر) يؤدي إلى تسرب الشحنة التي شحن بها ويعطي بذلك قراءة للتعرض دون حدوث أي تعرض. لذلك، فإنه يجب معرفة مقدار التسرب الأسبوعي في حالة عدم التعرض وذلك بغرض تحديد التعرض الفعلي للإشعاعات.

6-6 أسئلة للمراجعة

1- اذكر أهم المتطلبات التي يجب توفرها في أجهزة المسح الإشعاعي.

2- ما هي الأجزاء الأساسية التي يتكون منها جهاز المسح الإشعاعي للإشعاعات المختلفة؟.

3- ما هي أهم مزايا أجهزة المسح الإشعاعي التي تستخدم غرف التأين؟.

4- قارن بين أجهزة المسح الإشعاعي التي تستخدم غرفة تأين أو عداد غايغر ككاشف للإشعاعات.

5- اشرح بالتفصيل مكونات مقياس التعرض، ودور كل من هذه المكونات واشرح كيفية عمله.

6- اذكر مكونات مقياس معدل التعرض ودور كل من هذه المكونات واشرح كيفية عمله.

7- لماذا تجب معايرة أجهزة المسح الإشعاعي؟، وكيف يمكن تنفيذ المعايرة ؟.

8- ما هي مكونات جهاز رصد التلوث؟، وما هي أهم الفروق بينه وبين جهاز المسح الإشعاعي؟.

9- اشرح تركيب شارة الفيلم الحساس، وما هو الغرض من الفتحات المختلفة ؟.

10- كيف يمكن استخدام شارة الفيلم الحساس لقياس الجرعة الممتصة للإشعاعات المختلفة؟.

11- ما هي أهم مزايا وعيوب شارة الفيلم الحساس؟.

12- كيف تستخدم ألواح الأثر النيوتروني للكشف عن النيوترونات السريعة وتقدير جرعتها؟.

13- ما هو مبدأ عمل مقياس الجرعة الوماض حراريا؟، اذكر مزايا وعيوب هذا المقياس.

14- صف تركيب مقياس الجرعة الجيبي، وكيف يستخدم لقياس الجرعات الشخصية؟.

15- قارن بين كل من مقياس الجرعة الجيبي والحراري الوماض وشارة الفيلم الحساس.